

15 Intelligenterer Planung macht das Gesundheitswesen effizienter und sicherer

Der Gesundheitssektor sieht sich mit substantiellen Herausforderungen wie hohem Arbeitsdruck, langen Wartezeiten und hohen Kosten konfrontiert. Jedoch kann eine bessere Planung auf Grundlage von Wahrscheinlichkeiten diese Probleme lösen.

In den nächsten zwei Jahrzehnten werden die Gesundheitskosten schätzungsweise von zehn auf zwanzig Prozent unseres Bruttonationalprodukts steigen; eine enorme Steigerung der Ausgaben. Besonders teuer ist der OP-Bereich in Krankenhäusern, der mehr als 40 % aller Krankenhauskosten verursacht. Ein Grund dafür ist die Komplexität der Operationen, bei denen die richtige Ressource in der richtigen Menge zur richtigen Zeit für den richtigen Patienten vorhanden sein muss. Der Personalmangel führt oft zu Situationen, in denen Operationssäle frei bleiben, was das Krankenhaus noch mehr belastet: Die angesammelten Verzögerungen am Tag erzwingen Überstunden. Das hat nicht nur Kosten für das Krankenhaus zur Folge, sondern erzeugt auch Stresssituationen für Personal und Patienten und wirkt sich negativ auf die Qualität der Versorgung aus.

OP-timierung

Dennoch sind Prof. Ralf Borndörfer (FU Berlin & ZIB, Zuse-Institut Berlin), Dr. Guillaume Sagnol (TU Berlin) und Alexander Tesch (ZIB) überzeugt, dass die Mathematik helfen kann, dieses Problem zu lösen, indem die personellen und materiellen Ressourcen besser genutzt werden. In Zusammenarbeit mit der Charité-Universitätsklinikum Berlin führten sie ein Projekt durch, in dem ein Algorithmus zur Erstellung von optimierten OP-Plänen anhand von individuellen Zielkriterien und Nebenbedingungen entwickelt wurde; siehe Abb. 19. Ziel ist eine effizientere Zuordnung, Sequenzierung und Steuerung von OP-Prozessen bezüglich der gegebenen Personal- und Sachressourcen. Doch was kann ein Algorithmus besser als ein erfahrener OP-Planer? Betrachten wir ein Beispiel: Angenommen, zehn Operationen müssen für den morgigen Tag auf drei OP-Säle verteilt und sequenziert werden. Für dieses kleine Szenario gibt es bereits rund 250 Mrd. verschiedene OP-Pläne. Bei 55 Operationen und 15 OP-Sälen sind es ca. $1,96 \cdot 10^{87}$ verschiedene Pläne, was ungefähr der Anzahl an Atomen im Universum entspricht. Und dabei ist die Unsicherheit in den OP-Dauern noch gar nicht mit eingerechnet.

Demnach gibt es weitaus mehr mögliche OP-Pläne, als der Mensch bewerten kann. Ein Algorithmus ist da wesentlich schneller, auch wenn das Testen aller möglichen OP-Pläne selbst auf einem Supercomputer Jahre dauern würde. Und genau hier kommt die Mathematik ins Spiel: Mit cleveren Methoden kann die Suche deutlich eingeschränkt werden, sodass am Ende eventuell nur ein paar Tausend OP-Pläne evaluiert werden

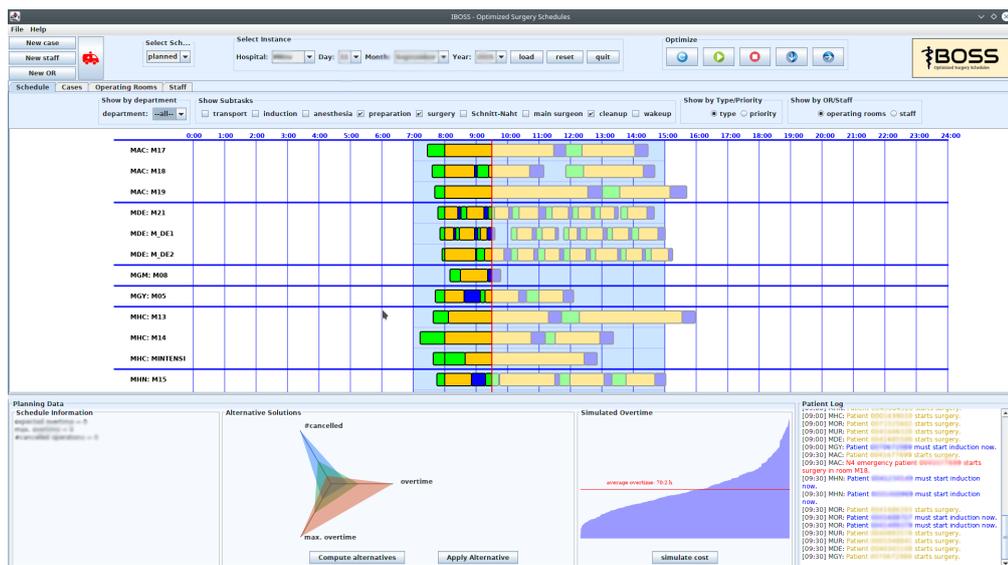


Abbildung 19: Prototyp der entwickelten Planungssoftware.

müssen. Auf einem heutigen Standard-PC geht das innerhalb von Sekunden oder Minuten, je nach Größe des Problems. Der reine Zeitaufwand für die Erstellung eines OP-Plans kann damit deutlich reduziert werden.

Schematisch können wir uns diese Planungsprobleme als ein Tetris-Spiel vorstellen (siehe Abb. 20), bei dem die Form der Spielsteine den Bedarf an verschiedenen Ressourcen im Laufe der Zeit darstellt. Das Ziel ist es, die Teile so gut wie möglich zusammenzufügen, und zwar nach Kriterien, die ausgewählt und angepasst werden können (Anzahl der Überstunden, Leerlaufzeit des Personals, Wartezeit der Patienten, Stabilität des Zeitplans,...). Nun stellt sich die Frage, wie ein „optimaler“ OP-Plan aussieht. Jede beteiligte Person hat wahrscheinlich eine andere Vorstellung des idealen Zeitplans: Der Planer möchte die OP-Ressourcen bestmöglich nutzen, das Personal möchte pünktlich Feierabend machen, und der Patient erwartet eine bestmögliche Behandlungsqualität. In der Praxis wird es jedoch keinen OP-Plan geben, der die Wünsche jedes Einzelnen maximal befriedigt, da die Zielkriterien oft im Konflikt zueinander stehen. Algorithmen erlauben es, OP-Pläne bezüglich einer gewünschten Gewichtung der Zielkriterien zu optimieren. Dadurch können OP-Pläne generiert werden, die bestmögliche Kompromisse zwischen mehreren Zielkriterien darstellen. Entspricht der berechnete OP-Plan nicht dem gewünschten Ergebnis, kann die Gewichtung angepasst werden, bis man eine zufriedenstellende Lösung erhält.

Zufall und Reaktivität

Unsichere Ereignisse haben einen starken Einfluss auf die operative OP-Planung. Selten werden OP-Pläne genauso durchgeführt wie am Vortag geplant. Einer der Haupt-

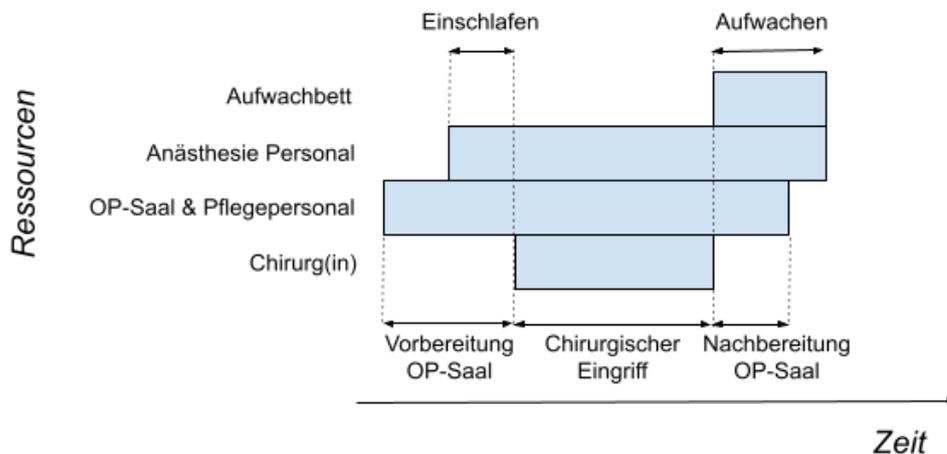


Abbildung 20: Tetris-Darstellung einer OP.

gründe ist die oft hohe Varianz in den OP-Dauern, die eine exakte Planung erschwert. Die Mathematik hilft dabei, die OP-Dauern vorherzusagen. Dazu bedarf es vor allem eins: Daten, je mehr desto besser. Bei ausreichend großem Datensatz kann eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für jede OP-Dauer berechnet werden. Eine Wahrscheinlichkeitsverteilung ist dabei viel aussagekräftiger als ein fixer Durchschnittswert, da Unsicherheit zu verschiedenen Graden auftritt. Das heißt, ein OP-Plan, der bezüglich fixer OP-Dauern auf dem Blatt gut aussieht, könnte in der Realität nicht umsetzbar sein. Durch häufige Simulationen des OP-Tages können Algorithmen die vorhandene Unsicherheit im System besser quantifizieren. Dadurch können wiederum bessere Planungsentscheidungen getroffen werden, ähnlich dem Risikomanagement einer guten Partie Poker.

Ein wichtiger Punkt beim Umgang mit Unsicherheiten ist die Suche nach reaktiven Strategien, die sich an die beobachteten Informationen anpassen. Eine optimale Strategie könnte z.B. wie folgt aussehen: „Wenn die OP in Raum A zuerst beendet wird, führe OP X in Raum A aus; andernfalls führe OP X in Raum B aus.“ Eine solche Anpassungsfähigkeit ist jedoch in einem Krankenhaus nicht immer möglich, z.B. um eine Chirurg-Patienten-Bindung zu gewährleisten. Dieser Gewinn durch Anpassungen kann auch theoretisch untersucht werden. So hat das Team von Dr. Sagnol bewiesen, dass bei einem Kriterium mit fixen Kosten pro OP-Saal und variablen Kosten für Überstunden eine einfache nicht-adaptive Strategie existiert, die höchstens $100 \cdot e^{-1} \% \approx 36 \%$ verliert, im Vergleich zu einer optimalen adaptiven Strategie. Wenn andererseits das Ziel ist, alle Operationen so früh wie möglich zu beenden, dann kann jede Strategie, die eine Umplanung mit einer gewissen Verzögerung berücksichtigt, beliebig schlecht sein. Jedoch wächst der Verlust der Optimalität sehr langsam (und zwar doppelt logarithmisch) mit der Anzahl der Operationssäle.